

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01474

研究課題名（和文）強誘電体の分極不連続人工界面が誘起する新しい分極回転メカニズムの創発

研究課題名（英文）Novel Mechanism of Polarization Rotation Induced at Artificial Ferroelectric Interfaces

研究代表者

山田 智明（Yamada, Tomoaki）

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：80509349

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、強誘電体の圧電特性（電気的エネルギーと機械的エネルギーの変換特性）を向上させる新しいアプローチとして、分極が不連続に接合した界面の利用に着目した。分極の方位が異なる強誘電体/強誘電体人工界面と、分極の有無が異なる強誘電体/常誘電体人工界面の2種類の超格子構造を作製して、その分極状態と電場に対する応答を調べた。その結果、前者では電場誘起相転移による圧電特性の向上が、後者では渦分極構造の生成と電場による分極構造の可逆的変化が観測され、その一部は熱力学的現象論で説明できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

強誘電体は圧電特性（電気-機械エネルギー変換特性）を示し、アクチュエータ、加速度・圧力センサ、振動発電素子等に利用されており、圧電特性のさらなる向上が期待されている。代表的な強誘電体PZTは、モルフォロピック相境界と呼ばれる組成による結晶相境界で圧電特性が向上することが知られているが、環境に有害な鉛を含まない強誘電体材料ではPZTに匹敵する圧電特性を得ることが容易でないことが明らかになりつつある。本研究は、従来の材料の化学組成に強く依存するアプローチとは異なる方法で圧電特性の向上を目指すための基礎研究であり、あらゆる強誘電体材料に適用することができる点で意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on artificial interfaces between two different ferroelectric materials and between ferroelectric and dielectric materials in order to enhance the piezoelectric property. We fabricated their artificial superlattice thin films and investigated the polarization state and its electric field response. It was found that the former showed the increased piezoelectric response via field-induced phase transition, which can be explained by thermodynamic theory, and the latter showed the stabilization of vortex polarization structure and its reversible change by an electric field.

研究分野：無機材料・物性

キーワード：強誘電体 圧電体 薄膜

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

強誘電体は一般に優れた圧電特性(電気-機械エネルギー変換特性)を示し、アクチュエータや、加速度・圧力センサ、振動発電素子等に利用されている。これらの応用では、素子のサイズや重量の低減、または変換効率の向上のために、圧電特性のさらなる向上が期待されている。強誘電体の圧電効果は、主に分極の大きさや向きの変化に伴う内因的圧電効果と、ドメインの再配列を伴う外因的圧電効果に分けられるが、前者においては分極の大きさの変化より、向きの変化(以後、回転)の方が、圧電特性への寄与が大きいことが知られている。

強誘電体における外場による分極回転は、モルフォトロピック相境界と呼ばれる組成による結晶相境界で容易化し、これにより代表的な強誘電体 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (PZT)では圧電特性が大きく向上することが広く知られている。しかし PZT 以外の多くの強誘電体材料、特に環境に有害な鉛を含まない強誘電体材料(非鉛強誘電体材料)では、多数の興味深い研究例が報告されているものの、PZT に匹敵する圧電特性を得ることは容易でないことが明らかになりつつある。

したがって、モルフォトロピック相境界のような材料の化学組成に強く依存するアプローチとは異なる方法で分極回転の容易化が実現できれば、非鉛強誘電体を含むあらゆる強誘電体材料に適用することができると考えられる。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では分極が不連続に接合した界面の利用に着目した。強誘電体/強誘電体界面では、界面での束縛電荷(分極電荷)が互いに打ち消すように、それぞれの強誘電体の分極量や向きが変化して安定化する。また、強誘電体/常誘電体界面では、強誘電体の分極電荷が界面で生じないように安定化する。そのため、界面を形成する2つの材料の組み合わせによっては、強誘電体の分極が不安定化“ソフト化”する状況が実現し、外場によってその向きが大きく変化する可能性があると考えた。

そこで本研究では、

- ・分極の方位が異なる強誘電体/強誘電体人工界面
- ・分極の有無が異なる強誘電体/常誘電体人工界面

の2種類の人工超格子薄膜を作製し、その分極状態と電場に対する応答特性を明らかにすることを目的とした。これにより、界面を利用した新しい分極回転メカニズムの創発を目指した。

3. 研究の方法

分極が不連続に接合した人工界面を利用して新しい分極回転メカニズムを創発するために、本研究では4つの項目を以下の方法で取り組んだ。

(1) 分極の方位が異なる強誘電体/強誘電体人工界面における分極状態と応答特性の解明

分極方位の異なる2つの強誘電体を接合し、界面における分極の遷移構造が電場に対する応答特性に与える影響を明らかにする。具体的には、 SrRuO_3 下部電極層を有する SrTiO_3 (100), (111)単結晶基板に、パルスレーザ堆積法で[001]分極軸の正方晶 PZT と[111]分極軸の菱面体晶 PZT を交互に積層することで、人工超格子構造を作製する。作製した(001)および(111)配向の人工超格子薄膜について、モノドメイン化する厚みを明らかにし、その領域における各層の分極方位と大きさを走査型透過電子顕微鏡等で明らかにする。また、人工超格子薄膜の分極応答を、LCR メータ、強誘電体テスタ、圧電応答顕微鏡等で明らかにする。さらに、電界下放射光 X 線回折(XRD)で得られる超格子ピークのフィッティングから、各層の圧電格子歪みを定量的に明らかにする。

(2) 分極の有無が異なる強誘電体/常誘電体人工界面における分極状態と応答特性の解明

分極の有無が異なる強誘電体と常誘電体を接合することで、バルクには存在しない分極の渦構造を安定化させ、電場が渦構造に与える影響を明らかにする。具体的には、 SrRuO_3 下部電極層を有する SrTiO_3 (100)および DyScO_3 (100)_{pc} 単結晶基板に、強誘電体として正方晶 PZT もしくは正方晶 $(\text{Pb}, \text{Sr})\text{TiO}_3$ (以後 PST)、常誘電体として立方晶 PST もしくは立方晶 SrTiO_3 をパルスレーザ堆積法で交互に積層することで、人工超格子構造を作製する。各層の厚みを系統的に変化させて渦分極構造を安定化させる。(1)と同様の方法で、分極構造およびその応答特性を明らかにする。

(3) 熱力学的現象論(ランダウ理論)による分極状態と応答特性の理論的解明

ランダウ理論を用いて、人工界面が分極状態と電場応答性に与える影響を明らかにする。具体的には、各層がモノドメイン化する厚み領域を対象に、ランダウ理論を用いて各層で安定な分極方位と大きさを明らかにするとともに、電場の影響を調べる。

(4) 圧電特性の飛躍的向上に向けた分極不連続界面の設計指針の提案

上記で得られた知見を集約し、界面が誘起する分極回転メカニズムを明らかにする。これにより、圧電特性の飛躍的向上に向けた分極不連続界面の設計指針の提案を目指す。

4. 研究成果

(1) 分極の方位が異なる強誘電体/強誘電体人工界面における分極状態と応答特性の解明

SrTiO₃(001)および(111)基板上的の正方晶 PZT/菱面体晶 PZT 人工超格子薄膜の作製条件の最適化を行った結果、基板上にそれぞれ(001)および(111)エピタキシャル成長し、一層の厚みが 3 nm から 20 nm の範囲で、X 線回折で明瞭な超格子反射が確認され、急峻な界面を有する人工超格子薄膜の作製に成功した。さらに走査型透過電子顕微鏡像の解析から、(111)成長した人工超格子薄膜では、一層の厚みが 5 nm 以下になるとモノドメインを形成し、その際の両層の分極方位はバルクのそれとは大きく異なり、正方晶と菱面体晶の中間の方位であることが明らかになった。これらの試料では、一層の厚みの減少とともに圧電応答が増加することから、(111)成長した人工超格子薄膜における圧電応答の増加は、分極が不連続な人工界面がもたらす特異な分極状態によることが示唆された。次に、(111)成長した人工超格子薄膜の各層の圧電格子歪みを算出するために、電界下放射光 XRD で得られた各電界での超格子ピークプロファイルをフィッティング解析した。その結果、菱面体晶 PZT 層の圧電格子歪みが、正方晶 PZT 層のそれより優位に大きいことが明らかとなった。これらの結果から、菱面体晶 PZT 層で電場誘起相転移による大きな分極回転が生じた可能性が示唆された。

(2) 分極の有無が異なる強誘電体/常誘電体人工界面における分極状態と応答特性の解明

それぞれの人工超格子構造について成膜条件を最適化した結果、XRD にて面外方位に明瞭な超格子反射を示す急峻な人工界面を有する薄膜試料が得られた。特に、強誘電体として PST (Pb:Sr=9:1)、常誘電体として SrTiO₃ を用いて、SrRuO₃/DyScO₃ 基板上に作製した人工超格子薄膜において、両者の厚み (unit cell 数: n) を系統的に変化させた結果、 $n=20$ のとき放射光 XRD で面内方向に超格子反射が見られた。面内の周期を評価した結果、 $n=20$ で強誘電体 PST 層に分極の渦構造が生成したことが示唆された。そこで、各層の厚みをさらに正確に制御した PST/SrTiO₃ 超格子薄膜を作製した結果、これまでより明瞭な渦分極構造に由来する面内超格子反射の観測に成功した。また、透過型電子顕微鏡観察により、実際に渦分極構造が形成されていることを明らかにした。さらに、電界下放射光 XRD を用いて、渦分極の電場応答を調べた結果、電場印加によって渦分極の周期性が低下すること、電場の除去により周期性が回復することが明らかになり、電場による分極の可逆的変化が起きていることが示唆された。また、分極の可逆的変化が電気機械特性に与える影響を明らかにするために、試料表面に櫛型電極を作製し、電場による試料の変位測定を行った。その結果、渦分極構造が形成された試料においてヒステリシス特性が観測されたことから、電場によって渦分極構造が一時的に $a1/a2$ ドメインに変化している可能性が示唆された。

(3) 熱力学的現象論 (ランダウ理論) による分極状態と応答特性の理論的解明

これまで取り組んできた、項目(1)の分極の方位が異なる強誘電体/強誘電体人工界面と、項目(2)の分極の有無が異なる強誘電体/常誘電体人工界面における電場応答の詳細を明らかにするために、界面での電荷遮蔽と各層の歪みを考慮した熱力学的現象論 (ランダウ理論) モデルを構築し、これを用いて、人工超格子における各層の安定構造とその分極方位、および電界印加による圧電格子歪みを求めた。その結果、特に強誘電体/強誘電体人工界面を有する(111)エピタキシャル成長した正方晶 PZT/菱面体晶 PZT 人工超格子薄膜で観察された大きな電場応答が、分極方位が異なる aac 相から r 相への電場誘起相転移で説明できることを明らかにした。

(4) 圧電特性の飛躍的向上に向けた分極不連続界面の設計指針の提案

分極不連続界面の設計指針として、上記(1)～(3)で得られた知見が他の材料系にも適用できるかを検証するために、環境適合性の高い非鉛圧電体として知られる (K, Na)NbO₃ (KNN) について、界面の電氣的・機械的境界条件が分極の電場応答に与える影響を検討した。ランダウ理論を用いた計算検証の結果、極薄い KNN 層に僅かに引張歪みを導入することで圧電応答が増加する可能性を見出した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Y. Ehara, D. Ichinose, M. Kodera, T. Shiraishi, T. Shimizu, T. Yamada, K. Nishida, and H. Funakubo	4. 巻 60
2. 論文標題 Influence of Cooling Rate on Ferroelastic Domain Structure for Epitaxial (100)/(001)-oriented Pb(Zr, Ti)O ₃ Thin Films under Tensile Strain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SFFB07
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ac10f7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ehara Yoshitaka, Ichinose Daichi, Kodera Masanori, Shiraishi Takahisa, Shimizu Takao, Yamada Tomoaki, Nishida Ken, Funakubo Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Influence of cooling rate on ferroelastic domain structure for epitaxial (100)/(001)-oriented Pb(Zr, Ti)O ₃ thin films under tensile strain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SFFB07 ~ SFFB07
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ac10f7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 M. Nakajima, T. Shimizu, H. Nakaki, T. Yamada, A. Wada, T. Nakashima, Y. Ehara, and H. Funakubo	4. 巻 2
2. 論文標題 Large Electromechanical Responses Driven by Electrically Induced Dense Ferroelastic Domains: Beyond Morphotropic Phase Boundaries	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Appl. Electron. Mater.	6. 最初と最後の頁 1908-1916
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsaem.0c00220	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Y. Ehara, T. Nakashima, D. Ichinose, T. Shimizu, T. Yamada, K. Nishida, and H. Funakubo	4. 巻 59
2. 論文標題 Temperature Dependence on the Domain Structure of Epitaxial PbTiO ₃ Films Grown on Single Crystal Substrates with Different Lattice Parameters	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 SPPB01
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/aba2bf	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Iguchi, T. Yamada, O. Sakata, M. Yoshino, and T. Nagasaki	4. 巻 128
2. 論文標題 Fabrication of (Pb _{0.9} Sr _{0.1})TiO ₃ /SrTiO ₃ Artificial Superlattice Thin Films and Their Electromechanical Response	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Ceram. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 431-435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.20022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 D. Ichinose, T. Shimizu, O. Sakata, T. Yamada, Y. Ehara, and H. Funakubo	4. 巻 129
2. 論文標題 Domain Structure Transition in Compressively Strained (100)/(001) Epitaxial Tetragonal PZT Film	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 24101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0031803	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Ehara, T. Shimizu, S. Yasui, T. Oikawa, T. Shiraishi, H. Tanaka, N. Kanenko, R. Maran, T. Yamada, Y. Imai, O. Sakata, N. Valanoor, and H. Funakubo	4. 巻 100
2. 論文標題 Ferroelastic Domain Motion by Pulsed Electric Field in (111)/(11-1) Rhombohedral Epitaxial Pb(Zr _{0.65} Ti _{0.35})O ₃ Thin Films: Fast Switching and Relaxation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 104116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.104116	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 M. Kawano, T. Yamada, O. Sakata, Y. Imai, S. Matsuo, M. Yoshino, and T. Nagasaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Domain Switching by Applied Electric Field in (001) and (111)-epitaxial (K _{0.5} Na _{0.5})NbO ₃ Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. 2018 IEEE ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM (IFAAP)	6. 最初と最後の頁 27-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISAF.2018.8463311	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計20件(うち招待講演 5件/うち国際学会 15件)

1. 発表者名 T. Yamada, Y. Ota, M. Yoshino, D. Ichinose, T. Shimizu, H. Funakubo, and T. Nagasaki
2. 発表標題 Two-step Phase Transition Behavior in Tensile-strained (PbxSr1-x)TiO3 Thin Films below 50 nm Thickness
3. 学会等名 2021 ISAF-ISIF-PFM Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Yamada, J. Song, Y. Ebihara, T. Kiguchi, M. Yoshino, and T. Nagasaki
2. 発表標題 Enhanced Piezoelectric Response in (111)-Pb(Zr,Ti)O3 Artificial Superlattice Thin Films
3. 学会等名 8th International Workshop on Piezoelectric MEMS (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 X. Yuan, Y. Ota, M. Yoshino, T. Nagasaki, Y. Ehara, T. Shimizu, H. Funakubo, and T. Yamada
2. 発表標題 Evolution of the Domain Structure in Tensile-strained (PbxSr1-x)TiO3 Thin Films Engineered by Composition and Thickness
3. 学会等名 The 13th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA13) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Yamada, J. Song, Y. Ebihara, X. Yuan, M. Yoshino, and T. Nagasaki
2. 発表標題 Manipulation of Piezoelectric Response in Pb(Zr,Ti)O3 Artificial Superlattice Thin Films
3. 学会等名 The 13th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Yamada, S. Kondo, H. Funakubo, and T. Nagasaki
2. 発表標題 Advancement of Electro-optic Effect in Ferroelectric Thin Films: Controlling Classical Ferroelectrics and Exploring Emerging Ferroelectrics
3. 学会等名 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology including Glass & Optical Materials Division 2021 Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 X. Yuan, Y. Ota, M. Yoshino, T. Nagasaki, Y. Ehara, T. Shimizu, H. Funakubo, and T. Yamada
2. 発表標題 Effects of Composition and Thickness on the Domain Structure in Tensile-strained (PbxSr1-x)TiO3 Thin Films
3. 学会等名 強誘電体会議FMA-38
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Yamada, Y. Ota, M. Yoshino, D. Ichinose, T. Shimizu, H. Funakubo, and T. Nagasaki
2. 発表標題 Two-step Phase Transition Behavior in Tensile-strained (PbxSr1-x)TiO3 Thin Films below 50 nm Thickness
3. 学会等名 2021 ISAF-ISIF-PFM Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Yamada, J. Song, Y. Ebihara, T. Kiguchi, M. Yoshino, and T. Nagasaki
2. 発表標題 Enhanced Piezoelectric Response in (111)-Pb(Zr,Ti)O3 Artificial Superlattice Thin Films
3. 学会等名 8th International Workshop on Piezoelectric MEMS (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 X. Yuan, Y. Ota, M. Yoshino, T. Nagasaki, Y. Ehara, T. Shimizu, H. Funakubo, and T. Yamada
2 . 発表標題 Evolution of the Domain Structure in Tensile-strained (PbxSr1-x)TiO3 Thin Films Engineered by Composition and Thickness
3 . 学会等名 The 13th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA13) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Yamada, J. Song, Y. Ebihara, X. Yuan, M. Yoshino, and T. Nagasaki
2 . 発表標題 Manipulation of Piezoelectric Response in Pb(Zr,Ti)O3 Artificial Superlattice Thin Films
3 . 学会等名 The 13th China and Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (CJFMA13) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Yamada, S. Kondo, H. Funakubo, and T. Nagasaki
2 . 発表標題 Advancement of Electro-optic Effect in Ferroelectric Thin Films: Controlling Classical Ferroelectrics and Exploring Emerging Ferroelectrics
3 . 学会等名 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology including Glass & Optical Materials Division 2021 Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 X. Yuan, Y. Ota, M. Yoshino, T. Nagasaki, Y. Ehara, T. Shimizu, H. Funakubo, and T. Yamada
2 . 発表標題 Effects of Composition and Thickness on the Domain Structure in Tensile-strained (PbxSr1-x)TiO3 Thin Films
3 . 学会等名 強誘電体会議FMA-38
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Yamada
2. 発表標題 Bottom-up Growth Design and Property Control for Dielectric Thin Films and Nanostructures
3. 学会等名 Materials Science & Technology 2020 (MS&T20) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Ota, T. Yamada, M. Yoshino, T. Shimizu, H. Funakubo, and T. Nagasaki
2. 発表標題 Influence of Composition and Thickness on Domain Structure in (PbxSr1-x)TiO3 Thin Films
3. 学会等名 The 5th International Conference on Advanced Electromaterials (ICAE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田 悠登, 山田 智明, 吉野 正人, 清水 荘雄, 舟窪 浩, 長崎 正雄
2. 発表標題 (PbxSr1-x)TiO3薄膜における組成及び膜厚がドメイン構造に及ぼす影響
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井口 雄介, 山田 智明, 坂田 修身, 吉野 正人, 長崎 正雄
2. 発表標題 強誘電体 (Pb0.9Sr0.1)TiO3/常誘電体SrTiO3人工超格子薄膜の作製と電気機械特性の評価
3. 学会等名 第39回電子材料研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Yamada, Y. Ebihara, O. Sakata, T. Kiguchi, H. Morioka, M. Yoshino and T. Nagasaki
2. 発表標題 Charge Screening-induced Large Piezoelectric Response in Pb(Zr,Ti)O ₃ Artificial Superlattice Films
3. 学会等名 The 10th China-Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA10) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Kawano, T. Yamada, O. Sakata, Y. Imai, M. Yoshino, and T. Nagasaki
2. 発表標題 Phase Transition Induced by Applied Electric Field in (001) and (111)-epitaxial (K _{0.5} Na _{0.5})NbO ₃ Films
3. 学会等名 The 10th China-Japan Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications (JCFMA10) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Kawano, T. Yamada, O. Sakata, Y. Imai, S. Matsuo, M. Yoshino, and T. Nagasaki
2. 発表標題 Domain Switching by Applied Electric Field in (001) and (111)-epitaxial (K _{0.5} Na _{0.5})NbO ₃ Films
3. 学会等名 The 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM (IFAAP) Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川野 充季, 山田 智明, 坂田 修身, 今井 康彦, 吉野 正人, 長崎 正雅
2. 発表標題 電界印加による(001)/(111)(K _{0.5} Na _{0.5})NbO ₃ 膜のドメインスイッチング
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究室HP
<https://enemat.energy.nagoya-u.ac.jp>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------